

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Atsushi SUDA et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: (concurrently)

Examiner:

For: OPTICAL TRANSMITTER

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submit herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2003-035725

Filed: February 13, 2003

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 2/12/04

By: Richard A. Gollhofer  
Richard A. Gollhofer  
Registration No. 31,106

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501



JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application: February 13, 2003

Application Number: Patent Application No. 2003-035725  
[ST.10/C] [JP2003-035725]

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

December 9, 2003

Commissioner,

Japan Patent Office Yasuo IMAI

Certificate No.P2003-3101640



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月13日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-035725  
Application Number:

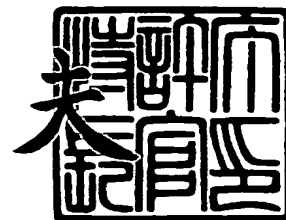
[ST. 10/C]: [JP 2003-035725]

出願人 富士通株式会社  
Applicant(s):

2003年12月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3101640





【書類名】 特許願

【整理番号】 0251939

【提出日】 平成15年 2月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/00

【発明の名称】 光送信器

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

    【氏名】 須田 篤

【発明者】

    【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

    【氏名】 林 明彦

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100074099

    【住所又は居所】 東京都千代田区二番町 8 番地 2 0 二番町ビル 3 F

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大菅 義之

    【電話番号】 03-3238-0031



**【選任した代理人】****【識別番号】** 100067987**【住所又は居所】** 神奈川県横浜市鶴見区北寺尾 7 - 2 5 - 2 8 - 5 0 3**【弁理士】****【氏名又は名称】** 久木元 彰**【電話番号】** 045-573-3683**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 012542**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9705047**【プルーフの要否】** 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 光送信器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部変調器の静特性の変化を補償する機能を有する光変調器において、

該外部変調器の出力する光信号に、低周波の信号を重畳する重畳手段と、

該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出手段と、

該抽出された信号と該低周波の信号を比較する比較手段と、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する可変手段と、

を備えることを特徴とする光変調器。

【請求項 2】 前記比較手段は、前記抽出された信号と前記低周波の信号の電圧加算を行った結果を出力することを特徴とする請求項 1 に記載の光変調器。

【請求項 3】 前記比較手段は、前記外部変調器の静特性と前記駆動信号の振幅が一致している場合の比較値を基準として、該駆動信号の振幅が前記外部変調器の静特性に比べて大きい場合、及び、小さい場合を検出することを特徴とする請求項 1 に記載の光変調器。

【請求項 4】 前記比較手段は、前記低周波の信号の周波数を 2 倍にした信号から、1 つおきにパルスを取り除いた歯抜け波形と、前記抽出された信号に含まれる、該低周波の信号の 2 倍の周波数成分の波形を比較することを特徴とする請求項 1 に記載の光変調器。

【請求項 5】 外部変調器の静特性の変化を補償する機能を有する光変調器において、

該外部変調器の出力する光信号に、第 1 と第 2 の低周波の信号を重畳する重畳手段と、

該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出手段と、

該抽出された信号と該第 1 と第 2 の低周波の信号を比較する比較手段と、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する可変手段と、



該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える動作点電圧を可変する可変手段と、  
を備えることを特徴とする光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光変調器を備えた光送信器に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、光通信システムに使用される光送信器においては、外部変調方式では光通信システムの安定動作を達成するために、光変調器の動作点ドリフトに対処することが要求され、様々な光変調器の動作点安定方式が用いられている。しかし、最近の光通信システムでは、WDM及びフレキシブルビットレートが採用されることが多くなり、システム上伝送波長や伝送速度を切り替える必要がある。このため、光変調器の動作点の変動（温度ドリフト等）に対する補償制御（特許番号2642499号）のみでは、伝送波長や伝送速度が変化した場合の静特性の変化（外部変調器の $V_{\pi}$ 特性の変化）に対応できなくなっている。従って、外部変調器の静特性が変化しても波形劣化のない光送信器の検討が必要となってきた。

【0003】

図15は、 $V_{\pi}$ 特性の変化を模式的に示した図である。

ニオブ酸リチウムでできたマッハツェンダ形の外部変調器においては、バイアス電圧と光出力との間に、正弦波的な周期的関係がある。光変調においては、この周期的関係の内の1つの山の斜面を利用しているのであるが、この外部変調器に入力する光の波長が変化したり、伝送速度が変化すると、 $V_{\pi}$ 特性が図15のように、変化する。従って、光変調において、消光比を最大にするために、上記特性の山の頂点と谷の最下点との間で動作していた光変調器は、 $V_{\pi}$ 特性が変換することによって上記よりずれた位置で動作することになる。これにより、外部変調器で生成される光信号の波形は劣化してしまう。従来では、 $V_{\pi}$ 特性の周期



が変化せず、動作点の位置がずれる動作点ドリフトに関する技術が開示されている。

#### 【 0 0 0 4 】

図 1 6 は、従来技術の説明図である。

同図の技術は特許文献 1 に記載されたものである。

1 は半導体レーザ等からなる光源、2 は外部変調器、3 は信号用電極、4 は光検出器、5 はパイロット信号検出回路、6 は位相比較回路、7 は動作点制御回路、8 はパイロット信号発生器、9 は変調器駆動回路、1 0 はバイアス回路である。

#### 【 0 0 0 5 】

光源 1 から C W 光（連続光）が外部変調器 2 に入力され、変調器駆動回路 9 より発生した P C M 変調電気信号で信号用電極にて変調されて、光信号を出力する。また、光信号は、外部変調器 2 の内部で分岐され、光検出器 4 に入力される。光検出器 4 はフォトダイオードで構成され、光信号の強度をモニタ電流に変換してパイロット信号検出回路 5 に出力する。

#### 【 0 0 0 6 】

パイロット信号発生器 8 は、P C M 変調電気信号に影響のないような低周波の周波数を有し、外部変調器 2 の変調器駆動回路 9 に入力され、信号用電極のバイアス電圧を低周波で変調することによって、パイロット信号を光信号に重畳する。前記パイロット信号検出回路 5 にて、バイアス電圧に変調をかけた結果得られた、光信号に重畳された低周波のパイロット信号を検出する。検出されたパイロット信号は、パイロット信号発生器 8 にて発生した信号と位相比較回路 6 にて位相比較される。その結果により動作点制御回路 7 がバイアス回路 1 0 を介して、信号用電極のバイアス電圧を最適に動作させる。

#### 【 0 0 0 7 】

これにより、外部変調器はバイアス電圧のドリフトに影響なく安定に動作する。このときのバイアス電圧特性と P C M 信号、パイロット信号、光出力の動作を図 1 7 に示す。

#### 【 0 0 0 8 】



図17は、従来の技術の動作を示す図である。

LNバイアス電圧は、ニオブ酸リチウムを使ったマッハツェンダ形外部変調器（LN変調器）の駆動電極に加えるバイアス電圧である。LN駆動信号は、電気信号であり、光信号に変換するために、LN変調器の駆動電極に印加する電圧である。パイロット信号は、このLN駆動電圧の信号振幅を可変するような信号となる。得られる光信号は、動作点が正しく設定されている場合には、パイロット信号の2倍の周波数の振幅変調を受けたものとなる。

【0009】

特許文献2には、外部変調器から出力された光信号のパワーレベルを検出し、光信号の出力パワーを一定にする技術が開示されている。

【0010】

【特許文献1】

特許第2642499号公報

【特許文献2】

特開2000-196185号公報

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

外部変調器に入力される光信号の波長が変化しない場合には、上記従来技術で動作点のドリフトを制御すれば安定した動作が得られる。しかし、外部変調器のバイアス特性： $V_{\pi}$ 特性は、PCM信号のビットレートまたは光源1によってCW光の波長を変えた時に $V_{\pi}$ が変動し、光出力信号の振幅と消光比が劣化してしまう。

【0012】

すなわち、図18の従来の問題点を説明する図にあるように、PCM信号のビットレートや光源の波長が変化すると、外部変調器（LN変調器）のバイアス電圧対光出力の特性曲線において、最大の光出力を得るバイアス電圧と最小の光出力を得るバイアス電圧との差である $V_{\pi}$ が大きくなったり、小さくなったりする。これに対し、LN変調器の駆動信号であるPCM信号の振幅を一定保っていると、 $V_{\pi}$ が大きくなった場合や、 $V_{\pi}$ が小さくなった場合に、出力される光信号



の振幅が小さくなったり、消光比が大きくなるという問題が生じる。

#### 【0013】

外部変調器のバイアス特性が温度、電源等に対するドリフトを補償している光送信器において、外部変調器のバイアス特性： $V_{\pi}$ 特性が、変動しても光出力信号の振幅と消光比が劣化することなく安定に動作することが重要である。

#### 【0014】

従って、本発明の課題は、外部変調器に入力される駆動信号のビットレートや光信号の波長が変化した結果バイアス特性が変化しても最適に光変調を行うことのできる光変調器を提供することである。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の光変調器は、外部変調器の静特性の変化を補償する機能を有する光変調器において、該外部変調器の出力する光信号に、低周波の信号を重畳する重畳手段と、該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出手段と、該抽出された信号と該低周波の信号を比較する比較手段と、該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する可変手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0016】

本発明によれば、外部変調器の静特性の変化が、外部変調器へ入力スイッチされる光の波長が変化することや、変調によって得られる信号のビットレートが変化することによって、変化しても、適切に駆動信号の振幅を設定できるので、外部変調器の出力である光出力信号の振幅や消光比を最適に保つことができる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

図1～図4は、本発明の第1の原理を示す図である。

それぞれの機能は以下の通りである。

(1) パイロット信号の位相と振幅を検出し、変調駆動回路にフィードバックし、PCM信号の駆動振幅を可変する。

#### 【0018】



図1は、第1の原理に従った、光変調器の原理構成を示す図である。

図1においては、従来のドリフト補償回路に加えて（細い線で示される）、異なった周波数のパイロット信号をバイアス回路10を用いて光信号に重畳し、それを検出して制御する経路を追加する。従って、従来のドリフト補償回路については説明を省略する。バイアス回路10で重畳したパイロット信号を光検出器B11より検出し、位相比較振幅検出回路12にてパイロット信号発生器B14の出力とパイロット信号検出回路B11の出力とを位相比較、振幅検出比較する。この位相比較振幅検出回路12の出力信号を基に、振幅制御回路13にて変調器の駆動振幅を可変し、 $V_{\pi}$ 特性が変動しても光出力信号の振幅と消光比を一定に保つ。また、1～10の機能は従来と同様である。動作を図2～図4に示す。

a) 駆動波形振幅と $V_{\pi}$ が一致している場合（図2）

まず、外部変調器の電気入力（駆動波形）の振幅が $V_{\pi}$ と一致している場合は、重畳したパイロット信号は外部変調器の静特性の変極点部分にかかるため図2の光出力波形のようになる。

【0019】

ここで、バイアス回路に重畳したパイロット信号を光検出器B11によりパイロット信号と同じ周波数を抽出して検出すると、この出力は（図中11出力）ほとんど直流になる。すなわち、この場合には、光出力波形の振幅変動は、パイロット信号の2倍の周波数となる。これは、駆動波形が外部変調器の静特性の変極点の前後で変化することになるので、光出力は駆動波形が変極点の一方から他方に変化する間に、パワーが一旦大きくなって再び元に戻る変化をするようになるからである。位相比較振幅検出回路12にてパイロット信号発生器B14の出力とパイロット信号検出回路B11の出力とを、たとえば簡単な足し算回路を用いて位相比較し、位相差を振幅に変換して振幅検出する（この場合は11出力の位相差はないが、駆動波形の振幅と $V_{\pi}$ とが一致していない場合は位相差が生じる）。

【0020】

この位相比較振幅検出回路12の出力信号を、駆動波形の振幅は $V_{\pi}$ と一致していると認識して、この振幅を $V_{\pi}$ と駆動波形の振幅との関係の判断の基準とし



、振幅制御回路 13 では変調器の駆動振幅をそのまま維持するように制御する。

b) 次に入力外部変調器の電気入力（駆動波形）の振幅が  $V_{\pi}$  より小さい場合（図 3）

この場合は、重畳したパイロット信号は、外部変調器の静特性の変極点部分にかからないため図 3 の光出力波形のようになる。

#### 【0021】

ここで、バイアス回路 10 で重畳したパイロット信号を光検出器 B 11 により、パイロット信号と同じ周波数成分を抽出して検出すると、この出力は（図中 11 出力）重畳したパイロット信号とほとんど逆位相となる。位相比較振幅検出回路 12 にてパイロット信号発生器 B 14 の出力とパイロット信号検出回路 B 11 の出力とを、たとえば簡単な足し算回路を用いて位相比較し、位相差を振幅に変換して振幅検出する。

#### 【0022】

この位相比較振幅検出回路 12 の出力信号は、11 出力と 14 出力が逆位相なので、当然 14 出力よりも振幅は小さくなる。この場合、駆動波形の振幅は  $V_{\pi}$  より小さいと認識して、振幅制御回路 13 では変調器の駆動振幅を大きくするように制御する。

c) 駆動波形振幅が  $V_{\pi}$  より大きい場合（図 4）

また、外部変調器の電気入力（駆動波形）の振幅が  $V_{\pi}$  より大きい場合は、重畳したパイロット信号は外部変調器の静特性の変極点部分より外に位置するため図 4 のような光出力波形のようになる。

#### 【0023】

ここで、バイアス回路 10 で重畳したパイロット信号を光検出器 B 11 により、パイロット信号と同じ周波数を抽出して検出すると、この出力は（図中 11 出力）重畳したパイロット信号とほとんど同位相となる。位相比較振幅検出回路 12 にてパイロット信号発生器 B 14 の出力とパイロット信号検出回路 B 11 の出力とを、たとえば簡単な足し算回路を用いて位相比較し、位相差を振幅に変換して振幅検出する。

#### 【0024】



この位相比較振幅検出回路 12 の出力信号は、11 出力と 14 出力が同位相なので当然 14 出力よりも振幅は大きくなる。この場合、駆動波形の振幅は  $V_{\pi}$  より大きいと認識して、振幅制御回路 13 では変調器の駆動振幅を小さくするように制御する。

#### 【0025】

図 5～図 8 は、本発明の第 2 の原理を説明する図である。

(2) パイロット信号の位相と、パイロット信号の 2 倍の周波数成分の大きさを検出し、変調駆動回路にフィードバックし、PCM 信号の駆動振幅を可変する。

#### 【0026】

図 5 は、第 2 の原理に従った光変調器の原理構成を示す図である。

図 5 においては、従来のドリフト補償回路のパイロット信号 1 つで、ドリフト補償と光出力振幅補償を行う。ここでも、従来のドリフト補償回路については説明を省略する。変調器駆動回路 9 に重畳したパイロット信号のピーク波形をパイロット信号検出回路 B11 より検出し、高調波検出回路 15 によりパイロット信号検出回路 B11 の出力からパイロット信号の 2 倍の周波数の信号振幅を検出する。

#### 【0027】

また、通倍回路 16 にてパイロット信号発生器 8 の発生するパイロット信号の 2 倍の周波数の信号を作り、もとのパイロット信号と歯抜け波形作成回路 17 にてパイロット信号と合わせて、2 倍の周波数の信号を 1 周期ごとに歯抜けにした波形を作る（パイロット信号と 2 倍の周波数の信号の同期は、初期設定で調整する）。位相比較回路 B12 にて、高調波検出回路 15 で検出したパイロット信号と、2 倍の歯抜け信号とを位相比較する。この位相比較回路 12 の出力信号の出力振幅信号振幅が最大になるように振幅制御回路 13 にて変調器の駆動振幅を可変し、 $V_{\pi}$  特性が変動しても光出力信号の振幅と消光比を一定に保つ。また、1～10 の機能は従来と同様で、バイアスを自動調整する。

a) 駆動波形振幅と  $V_{\pi}$  が一致している場合（図 7）

まず、外部変調器の電気入力（駆動波形）の振幅が  $V_{\pi}$  と一致している場合は、重畳したパイロット信号は外部変調器の静特性の変極点部分にかかるため図 6



の光出力波形のようになり、重畳したパイロット信号の2倍の周波数の信号が光波形に重畳される。光出力波形のピーク波形（上部波形）をパイロット信号検出回路B11より検出し、高調波検出回路15によりパイロット信号検出回路B11の出力からパイロット信号の2倍の周波数の信号振幅を検出する。

#### 【0028】

また、パイロット信号の2倍の周波数の歯抜け波形（17出力）を図6中P1の位相に初期設定を行い、この波形と、高調波検出回路15で検出した波形とを、位相比較回路B12にて位相比較する。例えば、この位相比較回路に簡単な足し算回路を用いると、位相比較回路B12の出力信号の出力振幅信号振幅は図6のようになり、この振幅を $V_{\pi}$ と駆動波形の振幅の関係を判断するための基準とする。

#### b) 駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より小さい場合（図7）

次に、駆動波形の振幅が $V_{\pi}$ より小さい場合は、重畳したパイロット信号は外部変調器の静特性の変極点の内側になるため図7の光出力波形のようになり、重畳したパイロット信号の2倍の周波数の成分は少なくなる。光出力波形のピーク波形（上部波形）をパイロット信号検出回路B11より検出し、高調波検出回路15によりパイロット信号検出回路B11の出力から、例えばバンドパスフィルタ等でパイロット信号の2倍の周波数の信号振幅を検出する。

#### 【0029】

また、パイロット信号の2倍の周波数の歯抜け波形と、高調波検出回路15で検出した波形とを、位相比較回路B12にて位相比較する。例えば、この位相比較回路に簡単な足し算回路を用いると、位相比較回路B12の出力信号の信号振幅は図7のようになり、この場合、駆動波形の振幅が $V_{\pi}$ と一致している場合により小さい振幅となる。このとき、駆動波形の振幅は小さいと認識して、振幅制御回路13にて駆動振幅を大きくするように制御する。

#### c) 駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より大きい場合（図8）

次に、駆動波形の振幅が $V_{\pi}$ より大きい場合は、重畳したパイロット信号は、外部変調器の静特性の変極点の外側になるため図8の光出力波形のようになり、重畳したパイロット信号の2倍の周波数の成分は少なくなる。光出力波形のピー



ク波形（上部波形）をパイロット信号検出回路 B 1 1 より検出し、高調波検出回路 1 5 により、パイロット信号検出回路 B 1 1 の出力から、例えばバンドパスフィルタ等でパイロット信号の 2 倍の周波数の信号波形を検出する。この波形は、駆動波形の振幅が  $V_{\pi}$  より小さい場合に対し、ほとんどそれと逆位相となる。

#### 【0030】

また、パイロット信号の 2 倍の周波数の歯抜け波形と、高調波検出回路 1 5 で検出した波形とを、位相比較回路 B 1 2 にて位相比較する。例えば、この位相比較回路 B 1 2 に簡単な足し算回路を用いると、位相比較回路 B 1 2 の出力信号の信号振幅は図 8 のようになり、この場合駆動波形の振幅が  $V_{\pi}$  と一致している場合より大きい振幅となる。このとき、駆動波形の振幅は  $V_{\pi}$  より大きいとして認識して、振幅制御回路 1 3 にて駆動振幅を小さくするように制御する。

#### 【0031】

このような原理で、光変調器にパイロット信号を重畳し、出力よりパイロット信号の光信号への変換のされかたの情報を取り出してフィードバックすることによって、光変調器のバイアス特性が変化しても光出力パワー、消光比が劣化することなく安定に動作する光送信器を提供する。

#### 【0032】

以下に、上記原理構成を具体例について説明する。

図 9 は、第 1 の原理に従った光変調器の第 1 の構成例を示す図である。

ニオブ酸リチウムを使用したマッハツェンダ型外部変調器を外部変調器 2 0 として用い、PCM 信号の DATA と CLK は差動対 2 1 に入力される。ここで差動対 2 1 と電流源 2 2 で変調器駆動回路 9 を構成し、外部変調器 2 0 の信号用電極 2 3 に変調をかける。LD（レーザダイオード）3 5 からの CW 光は、外部変調器により変調されて、光出力が生成される。正弦波発振器 A 2 4 で作られた周波数  $f_1$  のパイロット信号 A は電流源 2 2 より光出力に重畳される。これを PD（フォトダイオード）2 5 により受光し、フィルタ A 2 6 で周波数  $f_1$  のパイロット信号に対応する光信号の周波数成分が検出され、OR 回路 2 7、オペアンプ 2 8 を通してバイアスティ 2 9 与えられる。バイアスティ 2 9 にて外部変調器 2 0 の信号様電極 2 3 に印加する電圧のバイアスを制御し、 $V_{\pi}$  特性のドリフトを



補償する。この動作は従来技術である。

#### 【0033】

また、正弦波発振器 B 30 よりバイアスティ 29 を通して外部変調器 20 の信号用電極 23 に周波数が  $f_2$  のパイロット信号 B で光信号に変調をかける。これを PD 25 で受光し、フィルタ B 31 にて周波数が  $f_2$  のパイロット信号 B に対応する光信号の周波数成分を検出し、正弦波発振器 B 30 の信号と電圧加算器 32 において足し算する。この振幅をピーク検出器 33 でピーク検出し、その大きさにより電流源 22 の電流を制御して、差動対 21 より出力される変調器駆動振幅を変化させる。この結果、 $V_{\pi}$  が変動した場合に出力パワー、消光比の劣化を補償する。なお、ピーク検出器 33 の出力は、電流源 22 に与える信号として適するようにオペアンプ 34 によって増幅される。

#### 【0034】

図 10 は、第 1 の原理に従った光変調器の第 2 の構成例を示す図である。

なお、同図においては、図 9 と同じ構成要素には同じ参照符号を付し、異なる部分についてのみ説明を行う。

#### 【0035】

正弦波発振器 B 30 より周波数が  $f_2$  のパイロット信号 B を、CW 光源を発光する LD 35 に入力し変調をかける。これを PD 25 にて検出する。従って、正弦波発振器 B 30 が生成するパイロット信号 B は、外部変調器 20 を使用して光信号に重畳されるのではなく、直接 LD 35 の駆動電圧を可変することによって、パイロット信号 B によって直接変調された光を外部変調器 20 がデータなどの信号を用いて変調することになる。以下は図 9 と同様の動作を行う。

#### 【0036】

図 11 は、第 2 の原理に従った光変調器の構成例を示す図である。

なお、同図において、図 9 と同じ構成要素には同じ参照符号を付している。

差動対 21、信号用電極 23、PD 25、フィルタ A 26、OR 回路 27、オペアンプ 28、バイアスティ 29、正弦波発信回路 44、及び電流源 22 で構成されるループは、周波数が  $f_1$  のパイロット信号を使った動作点制御回路であり、従来技術や図 9 の場合と同様なので説明を省略する。



## 【0037】

本構成例では、PD25の出力信号を半波整流器40で半波整流し、PD25の受信信号である変調信号の上部の波形を検出する。半波整流された信号から、正弦波発振器の発振周波数が $f_1$ の2倍の透過帯域を持つフィルタB31にて、2次高調波成分を検出する。正弦波発振器44の出力を2通倍器41で2通倍した周波数の波形と周波数 $f_1$ のパイロット信号とを電圧加算器42で足し合わせ（すなわち、ANDをとって、歯抜け信号を作る）、位相調整回路43で、パイロット信号と2通倍された信号との位相を調整し、位相調整された後の信号をフィルタB31の出力と電圧加算器32で加算し、加算結果の信号をピーク検出器33でピーク検出する。ピーク検出した結果の信号振幅がある値を閾値として、閾値より大きい小さいかにより、オペアンプ34を通じて電流源22の電流を制御し、差動対21より出力される変調器駆動振幅を変化させる。この結果、 $V_\pi$ が変動した場合に出力パワー、消光比の劣化を補償する。ここで、上記閾値は、第2の原理の説明の時に述べた、 $V_\pi$ と駆動振幅が一致している場合の電圧加算器32の出力のピーク検出結果を使用する。

## 【0038】

図12～図14は、第2の原理に基づく動作において、各信号波形がどのようなになっているかを示す図である。

図12は、駆動波形振幅が $V_\pi$ と一致している場合の信号波形を示す図である。

## 【0039】

同図左上の図は、LN変調器の静特性とパイロット信号の関係を示す図である。これは、図6に対応する図である。同図左下の図は、パイロット信号と周波数が2倍のパイロット信号を示し、また、これらの加算の結果得られる歯抜け波形を示している。同図右上は、LN変調器の光出力から上側波形を抽出した波形と、この波形からパイロット信号の2倍の周波数成分を抜き出したフィルタ出力波形が示されている。同図右上の一番下の波形は、フィルタ出力波形と比較されるべき歯抜け波形である。同図右上の点線の波形は、LN変調器に印加された重畳駆動波形の内、光信号の波形の上側に対応する部分を生成する重畳駆動波形を示



している。同図右下は、歯抜け波形と2倍のパイロット信号の位相比較結果の波形（上側）と、位相比較結果の波形とフィルタ出力波形を電力加算した結果の波形（下側）を示している。

#### 【0040】

図13は、駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より小さい場合の信号波形を示す図である。

同図左上は、LN変調器の静特性とパイロット信号の関係を示す図である。これは、図7に対応する図である。同図左下の図は、図12と同じく、パイロット信号、パイロット信号の2倍の周波数を持つ信号、及び歯抜け信号を示している。同図右上は、光信号のパイロット信号による変調に対応する上側のピーク波形、パイロット信号の2倍の周波数成分を抽出したフィルタ出力、及び、駆動信号の上側重畳信号波形と歯抜け波形である。図12と異なるのは、駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より小さいことにより、上側ピーク波形が頭打ちになっている点と、周波数がパイロット信号と同様になっていることである。また、フィルタ出力は、歪んだ波形となっている。同図右下は、歯抜け波形とパイロット信号の2倍の周波数の信号との位相比較出力と、歯抜け波形とフィルタ出力の電圧加算結果の波形である。

#### 【0041】

図14は、駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より大きい場合の信号波形を示す図である。

同図左上は、LN変調器の静特性とパイロット信号の関係を示す図である。これは、図8に対応する図である。同図左下の図は、図12と同じく、パイロット信号と、パイロット信号の2倍の周波数の信号の波形、及び歯抜け波形を示している。同図右上も図12、13と同じ信号波形であるが、駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より大きいために、上側ピーク波形が頭打ちになっており、フィルタ出力が歪んだ波形になっているのに加え、駆動波形振幅が $V_{\pi}$ より小さい場合と比較して、上側ピーク波形がほぼ逆位相になっている。同図右下は、歯抜け波形とパイロット信号の2倍の周波数の信号の波形との位相比較出力と、歯抜け波形とフィルタ出力との電力加算結果の波形である。

#### 【0042】

（付記1）外部変調器の静特性の変化を補償する機能を有する光変調器にお



いて、

該外部変調器の出力する光信号に、低周波の信号を重畳する重畳手段と、  
該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出手段と、  
該抽出された信号と該低周波の信号を比較する比較手段と、  
該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する  
可変手段と、  
を備えることを特徴とする光変調器。

#### 【0043】

(付記2) 前記比較手段は、前記抽出された信号と前記低周波の信号の電圧加算を行った結果を出力することを特徴とする付記1に記載の光変調器。

(付記3) 前記比較手段は、前記外部変調器の静特性と前記駆動信号の振幅が一致している場合の比較値を基準として、該駆動信号の振幅が前記外部変調器の静特性に比べて大きい場合、及び、小さい場合を検出することを特徴とする付記1に記載の光変調器。

#### 【0044】

(付記4) 前記比較手段は、前記低周波の信号の周波数を2倍にした信号から、1つおきにパルスを取り除いた歯抜け波形と、前記抽出された信号に含まれる、該低周波の信号の2倍の周波数成分の波形を比較することを特徴とする付記1に記載の光変調器。

#### 【0045】

(付記5) 前記重畳手段は、前記外部変調器の駆動電極に、低周波の信号電圧を印加することにより、該外部変調器の光出力に低周波の信号を重畳することを特徴とする付記1に記載の光変調器。

#### 【0046】

(付記6) 前記重畳手段は、前記外部変調器に光を供給する光源を直接制御して、低周波の信号を該外部変調器の光出力に低周波の信号を重畳することを特徴とする付記1に記載の光変調器。

#### 【0047】

(付記7) 外部変調器の静特性の変化を補償する機能を有する光変調器にお



いて、

該外部変調器の出力する光信号に、第1と第2の低周波の信号を重畳する重畳手段と、

該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出手段と、

該抽出された信号と該第1と第2の低周波の信号を比較する比較手段と、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する可変手段と、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える動作点電圧を可変する可変手段と、

を備えることを特徴とする光変調器。

#### 【0048】

(付記8) 光変調器において外部変調器の静特性の変化を補償する方法であって、

該外部変調器の出力する光信号に、低周波の信号を重畳する重畳ステップと、

該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出ステップと、

該抽出された信号と該低周波の信号を比較する比較ステップと、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する可変ステップと、

を備えることを特徴とする方法。

#### 【0049】

(付記9) 前記比較ステップでは、前記抽出された信号と前記低周波の信号の電圧加算を行った結果を出力することを特徴とする付記8に記載の方法。

(付記10) 前記比較ステップでは、前記外部変調器の静特性と前記駆動信号の振幅が一致している場合の比較値を基準として、該駆動信号の振幅が前記外部変調器の静特性に比べて大きい場合、及び、小さい場合を検出することを特徴とする付記8に記載の方法。

#### 【0050】

(付記11) 前記比較ステップは、前記低周波の信号の周波数を2倍にした信号から、1つおきにパルスを取り除いた歯抜け波形と、前記抽出された信号に



含まれる、該低周波の信号の 2 倍の周波数成分の波形を比較することを特徴とする付記 8 に記載の方法。

**【0051】**

(付記 12) 前記重畳ステップでは、前記外部変調器の駆動電極に、低周波の信号電圧を印加することにより、該外部変調器の光出力に低周波の信号を重畳することを特徴とする付記 8 に記載の方法。

**【0052】**

(付記 13) 前記重畳ステップでは、前記外部変調器に光を供給する光源を直接制御して、低周波の信号を該外部変調器の光出力に低周波の信号を重畳することを特徴とする付記 8 に記載の方法。

**【0053】**

(付記 14) 外部変調器の静特性の変化を補償する機能を有する光変調器における外部変調器の静特性の変化を補償する方法であって、

該外部変調器の出力する光信号に、第 1 と第 2 の低周波の信号を重畳する重畳ステップと、

該重畳された信号に対応する光信号の成分を抽出する抽出ステップと、

該抽出された信号と該第 1 と第 2 の低周波の信号を比較する比較ステップと、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える駆動信号の振幅を可変する可変ステップと、

該比較手段の出力に従って、該外部変調器に与える動作点電圧を可変する可変ステップと、

を備えることを特徴とする方法。

**【0054】**

**【発明の効果】**

本発明によれば、波長の切り替えやビットレートの変化に伴う変調器の静特性の変化に追従して、変調器の駆動信号の振幅を適切に制御することができる。したがって、変調器の光出力の出力パワーや消光比の劣化を防止することができる。

**【図面の簡単な説明】**



**【図 1】**

本発明の第 1 の原理を示す図（その 1）である。

**【図 2】**

本発明の第 1 の原理を示す図（その 2）である。

**【図 3】**

本発明の第 1 の原理を示す図（その 3）である。

**【図 4】**

本発明の第 1 の原理を示す図（その 4）である。

**【図 5】**

本発明の第 2 の原理を説明する図（その 1）である。

**【図 6】**

本発明の第 2 の原理を説明する図（その 2）である。

**【図 7】**

本発明の第 2 の原理を説明する図（その 3）である。

**【図 8】**

本発明の第 2 の原理を説明する図（その 4）である。

**【図 9】**

第 1 の原理に従った光変調器の第 1 の構成例を示す図である。

**【図 1 0】**

第 1 の原理に従った光変調器の第 2 の構成例を示す図である。

**【図 1 1】**

第 2 の原理に従った光変調器の構成例を示す図である。

**【図 1 2】**

第 2 の原理に基づく動作において、各信号波形がどのようなになっているかを示す図（その 1）である。

**【図 1 3】**

第 2 の原理に基づく動作において、各信号波形がどのようなになっているかを示す図（その 2）である。

**【図 1 4】**



第 2 の原理に基づく動作において、各信号波形がどのようなになっているかを示す図（その 3）である。

【図 1 5】

$V_{\pi}$  特性の変化を模式的に示した図である。

【図 1 6】

従来技術の説明図である。

【図 1 7】

従来の技術の動作を示す図である。

【図 1 8】

従来の問題点を説明する図である。

【符号の説明】

- 1        光源
- 2、2 0        外部変調器
- 3、2 3        信号用電極
- 4        光検出器
- 5        パイロット信号検出回路 A
- 6        位相比較回路
- 7        動作点制御回路
- 8        パイロット信号発生器 A
- 9        変調器駆動回路
- 1 0        バイアス回路
- 1 1        パイロット信号検出回路 B
- 1 2        位相比較振幅検出回路
- 1 3        振幅制御回路
- 1 4        パイロット信号発生器 B
- 1 5        高調波検出回路
- 1 6        通倍回路
- 1 7        歯抜けは形成生成回路
- 2 1        差動対



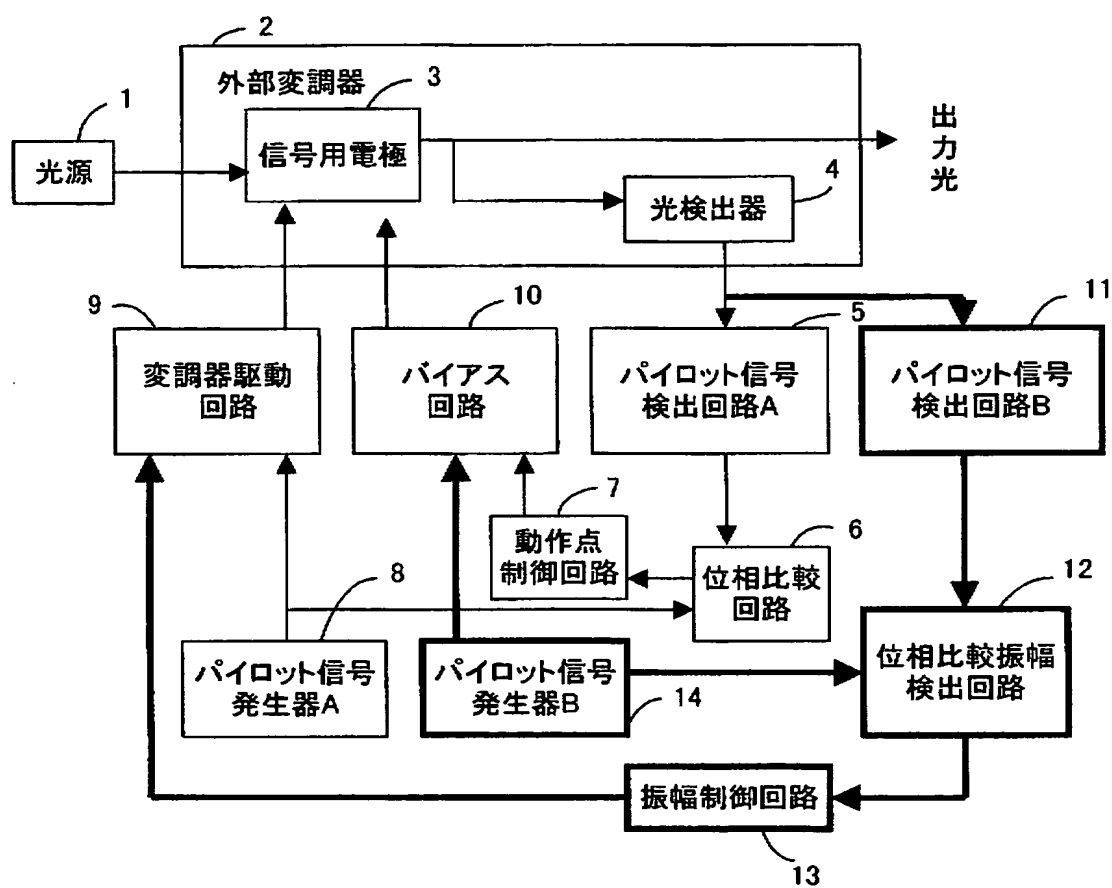
2 2	電流源
2 4	正弦波発振器 A
2 5	P D (フォトダイオード)
2 6	フィルタ A
2 7	O R 回路
2 8	オペアンプ
2 9	バイアスティ
3 0	正弦波発振器 B
3 1	フィルタ B
3 2	電圧加算器
3 3	ピーク検出器
3 4	オペアンプ
3 5	L D
4 0	半波整流器
4 1	2 通倍回路
4 2	電圧加算器
4 3	位相調整回路
4 4	正弦波発振回路



【書類名】 図面

【図 1】

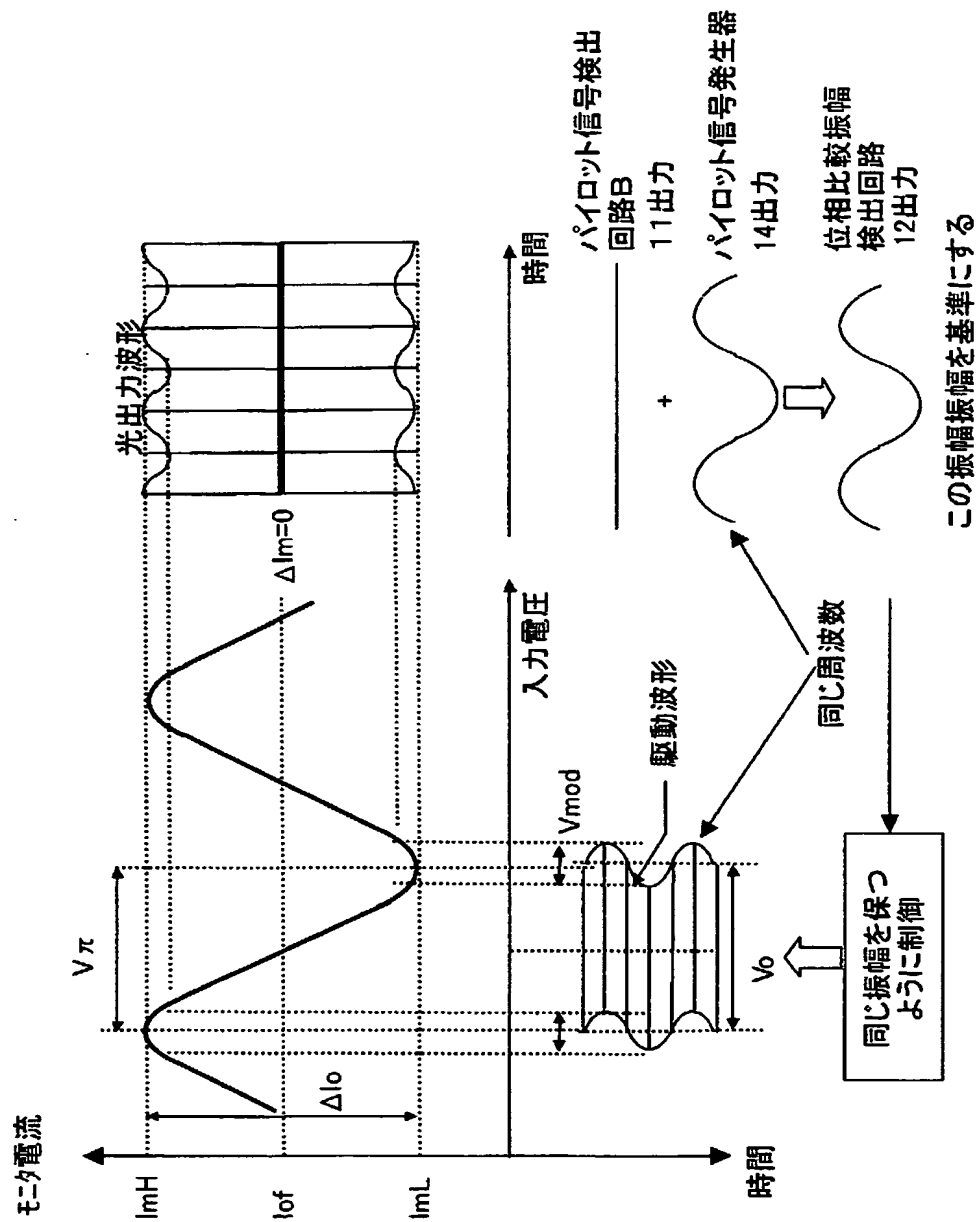
## 本発明の第1の原理を示す図(その1)





【図 2】

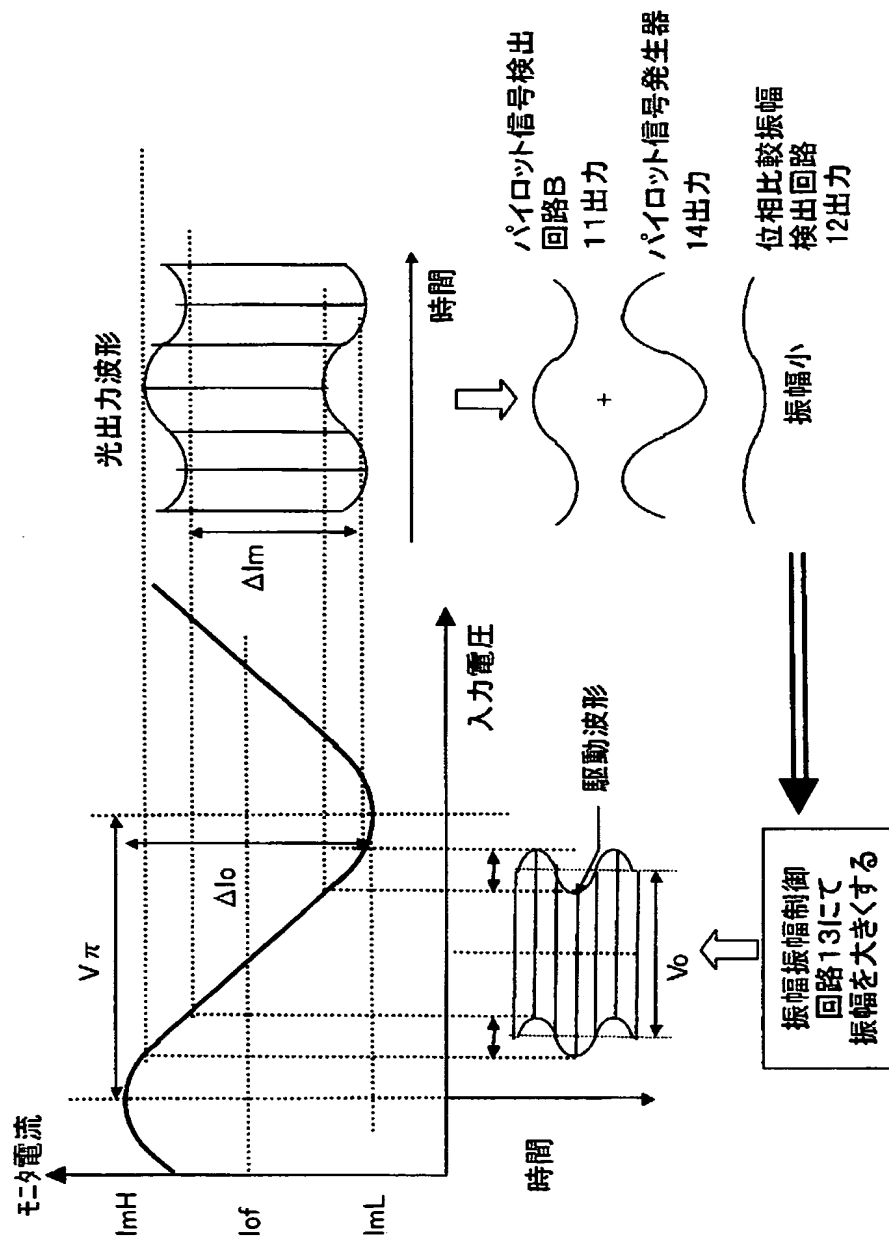
## 本発明の第1の原理を示す図(その2)





【図 3】

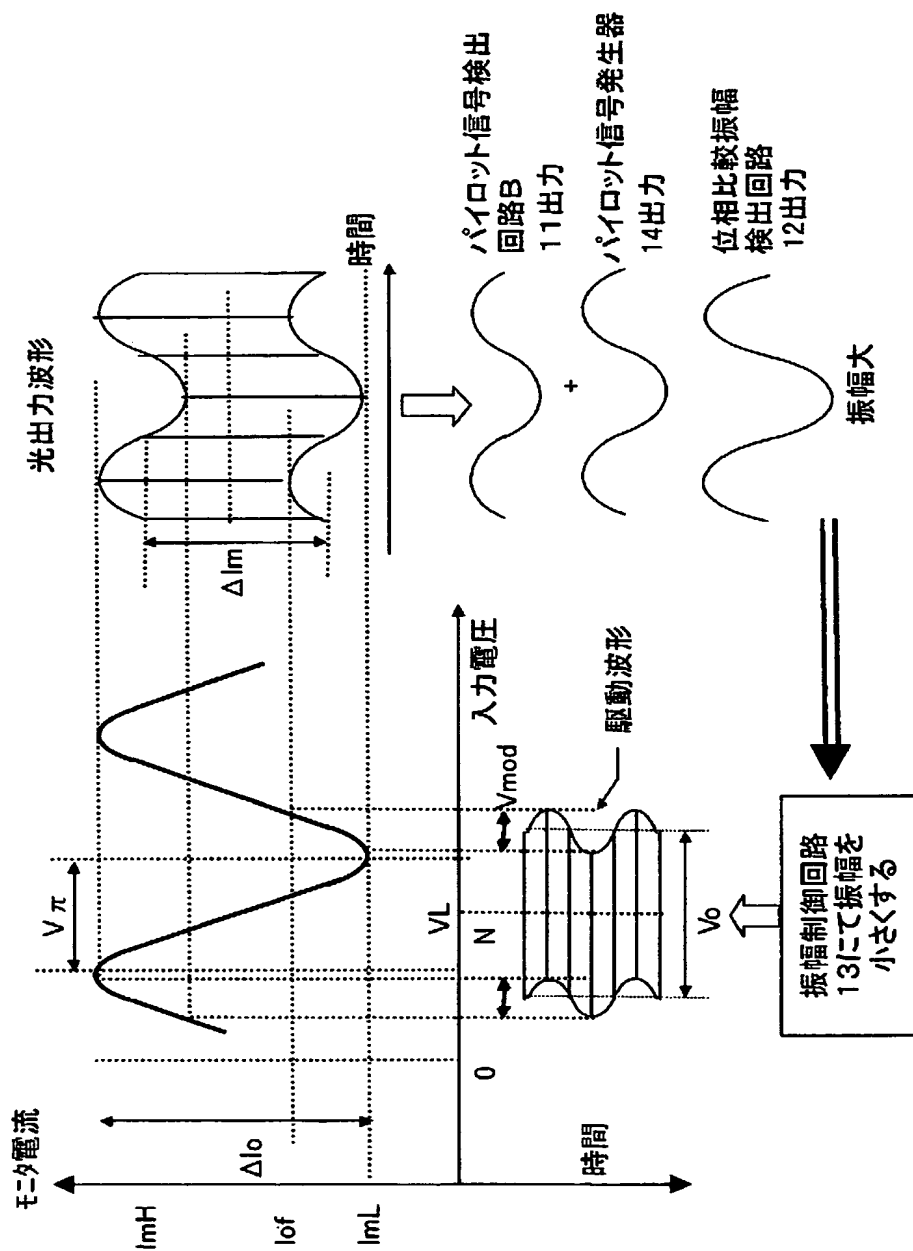
## 本発明の第1の原理を示す図(その3)





【図4】

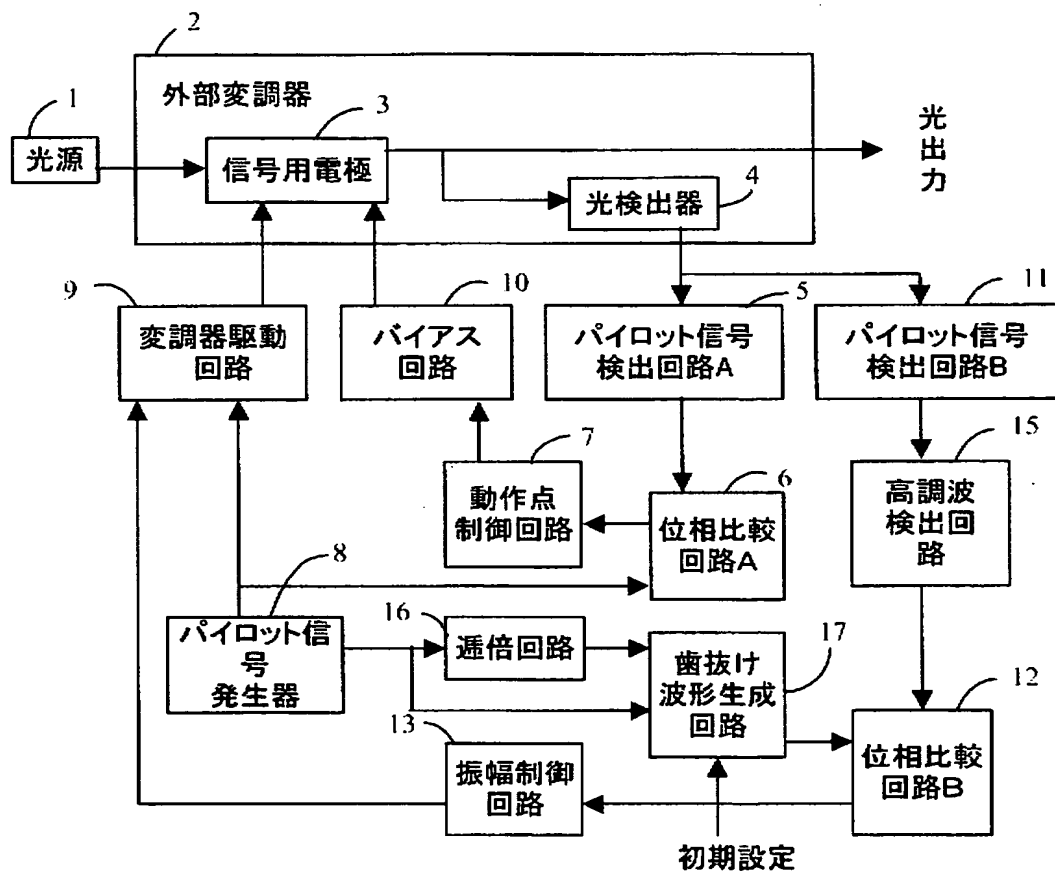
本発明の第1の原理を示す図(その4)





【図 5】

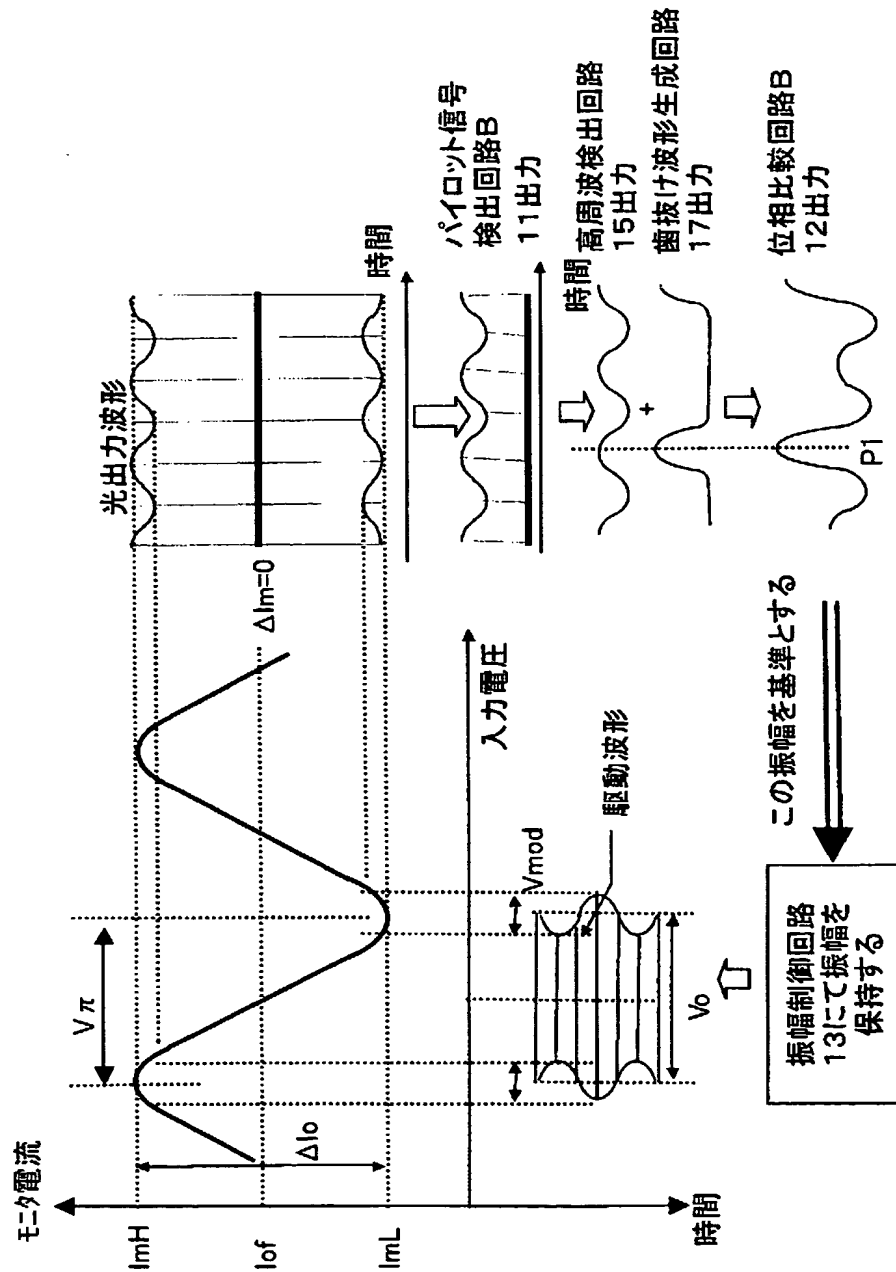
## 本発明の第2の原理を説明する図(その1)





【図 6】

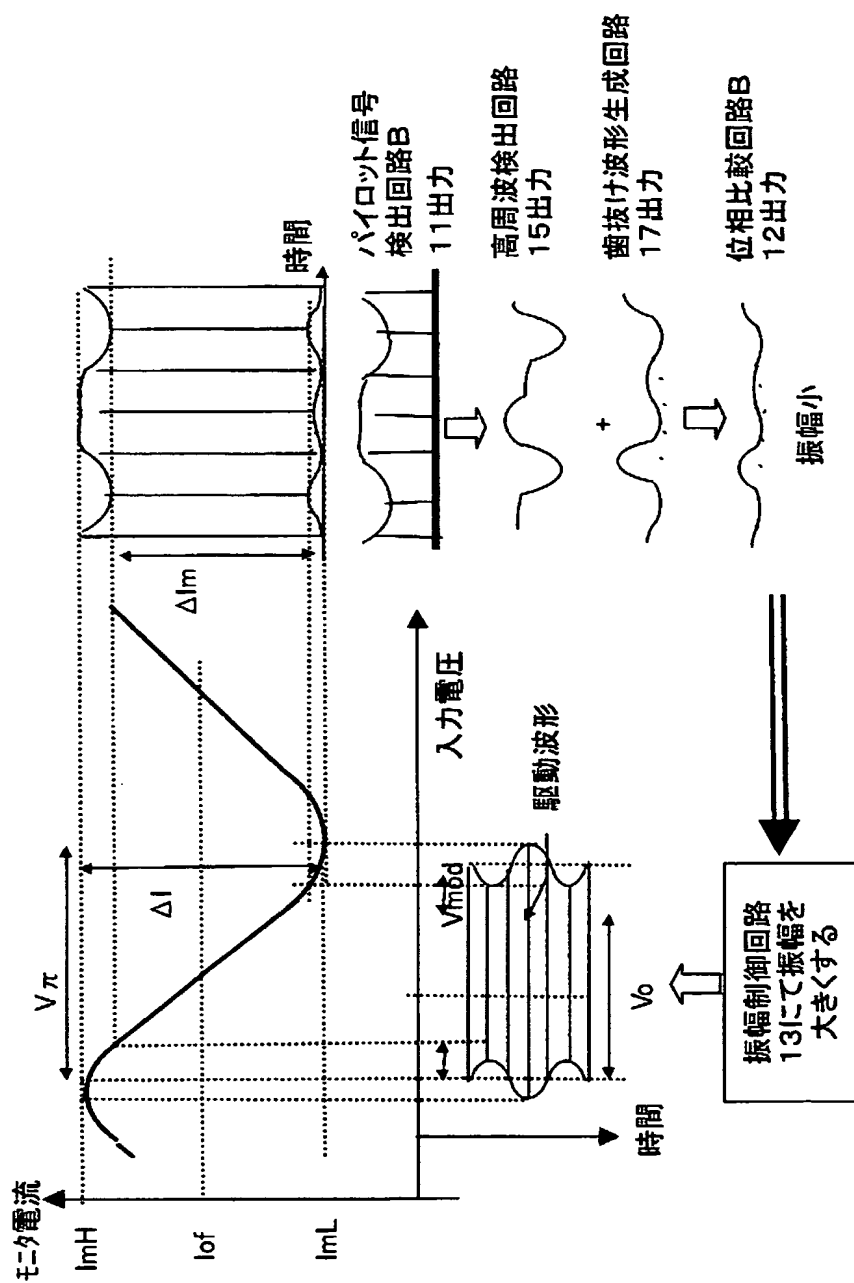
本発明の第2の原理を説明する図(その2)





【図 7】

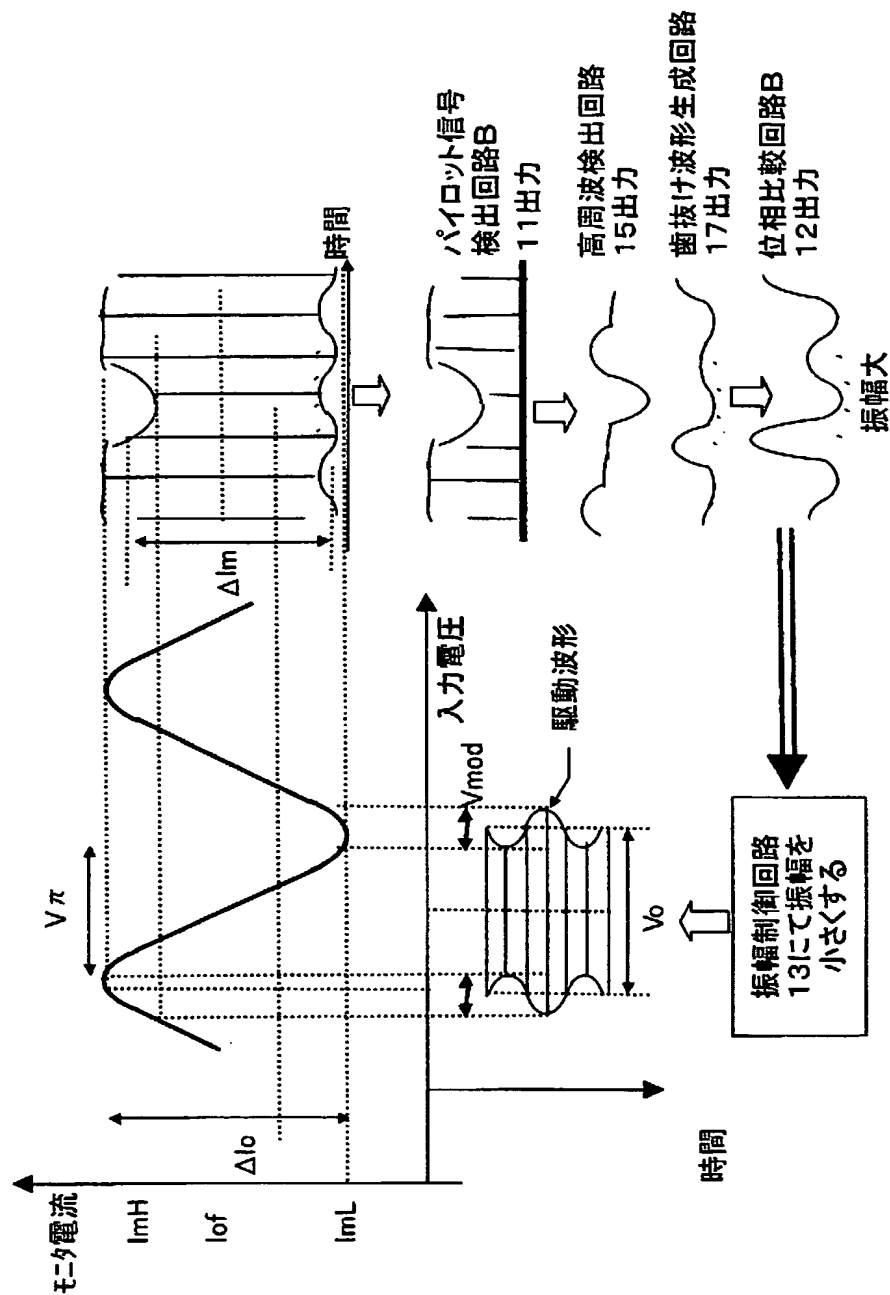
本発明の第2の原理を説明する図(その3)





【図 8】

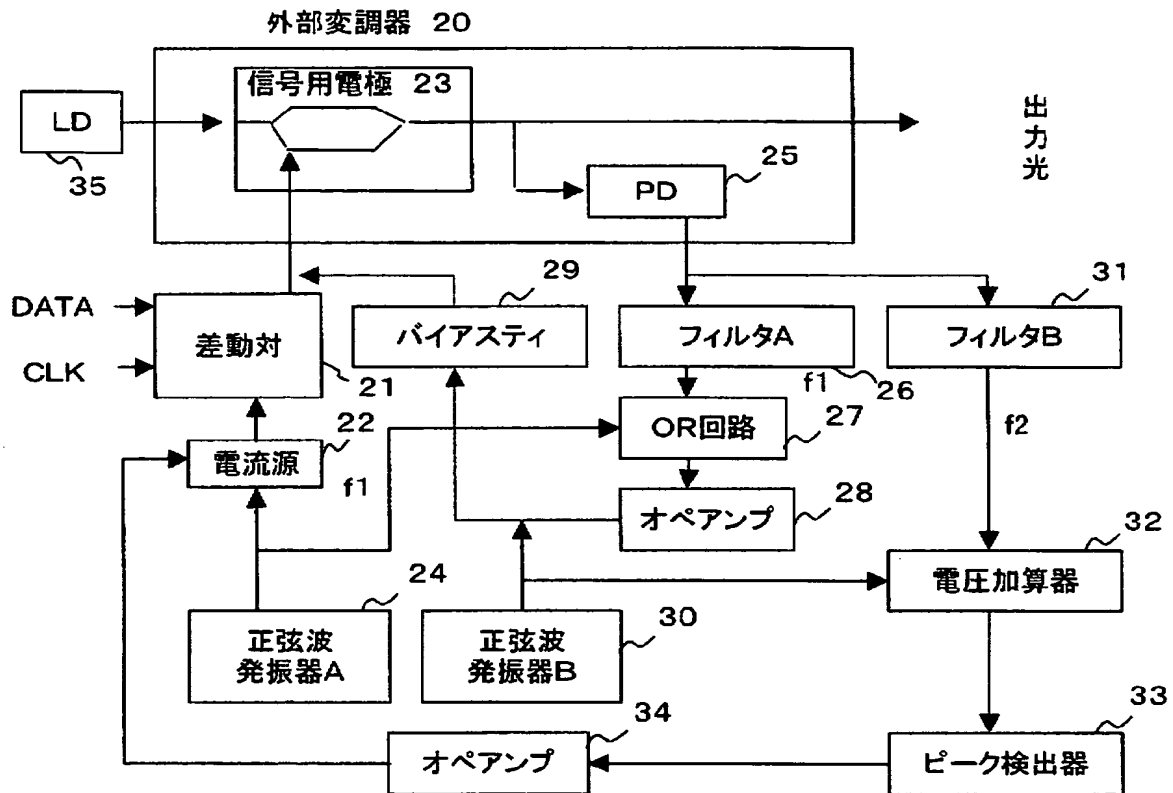
## 本発明の第2の原理を説明する図(その4)





【図 9】

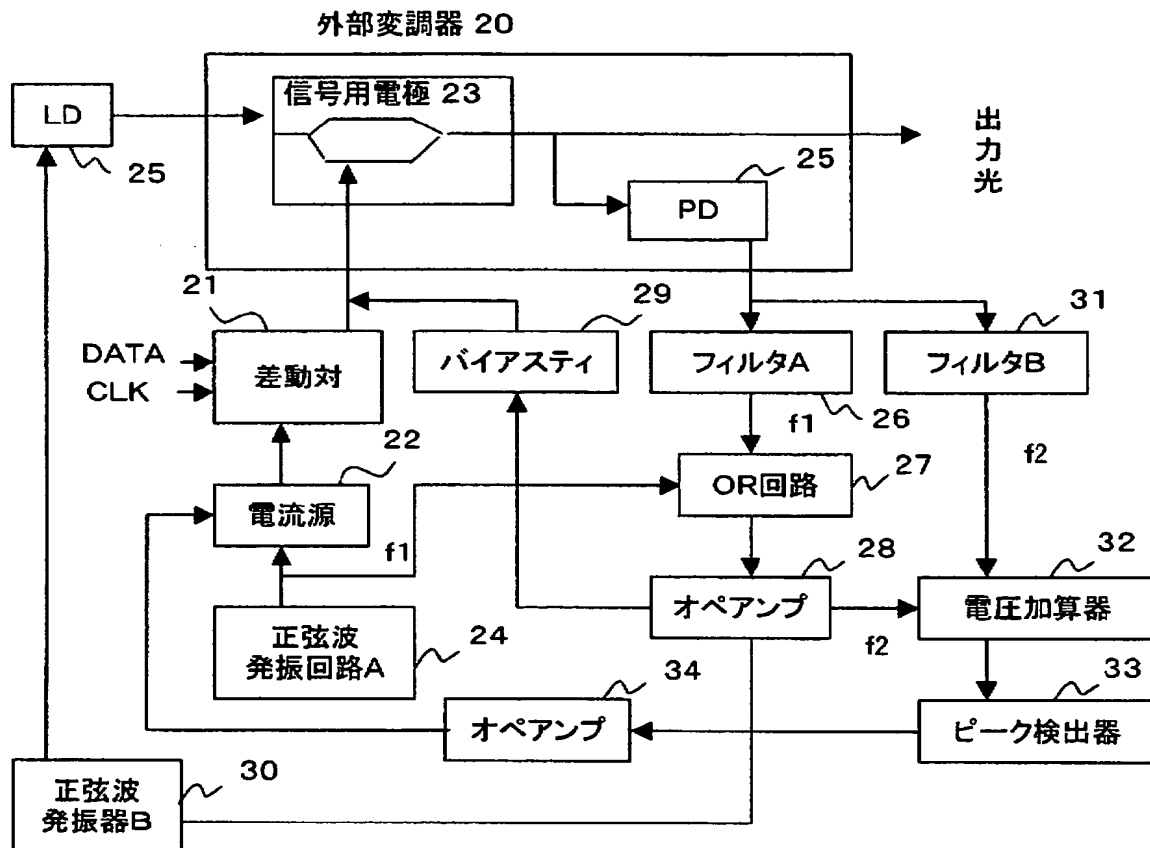
## 第1の原理に従った光変調器の第1の構成例を示す図





【図 10】

## 第1の原理に従った光変調器の第2の構成例を示す図



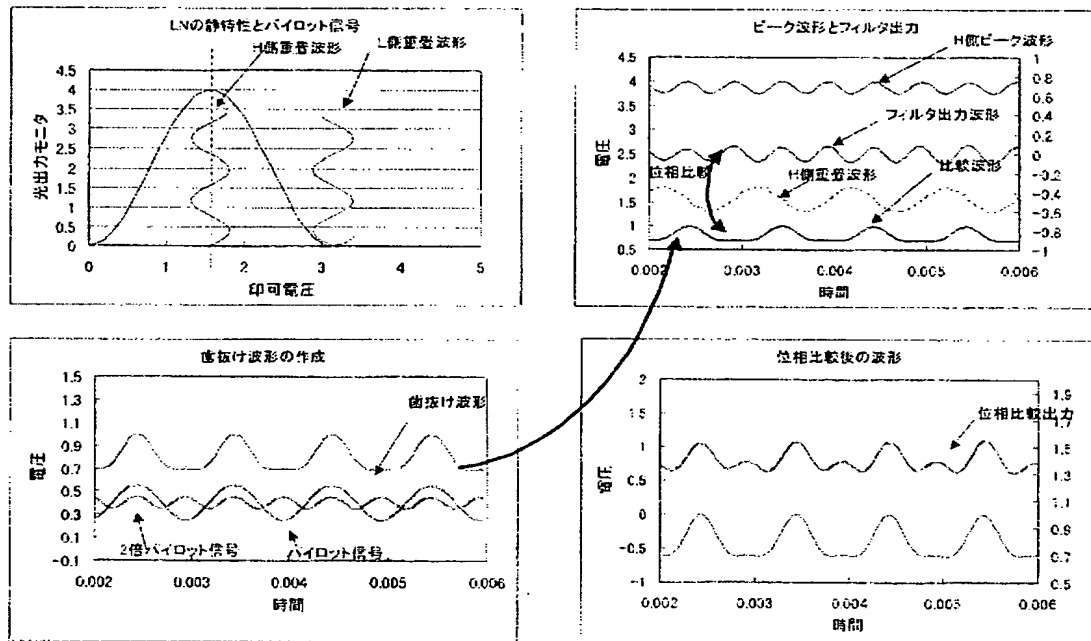






【図12】

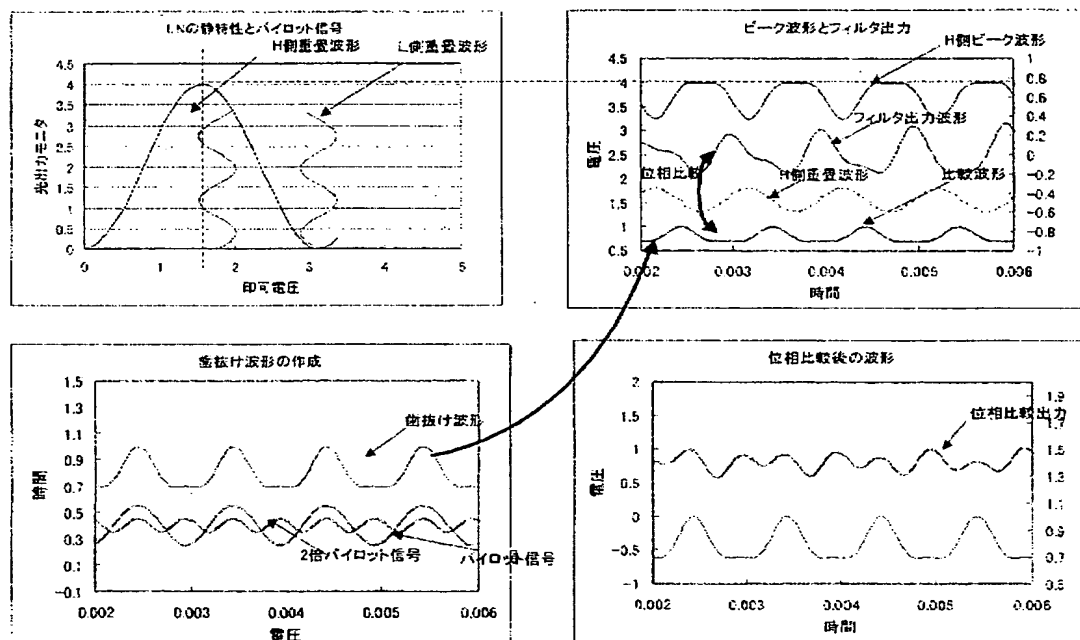
第2の原理に基づく動作において、  
各信号波形がどのようなになっているかを示す図(その1)





【図 13】

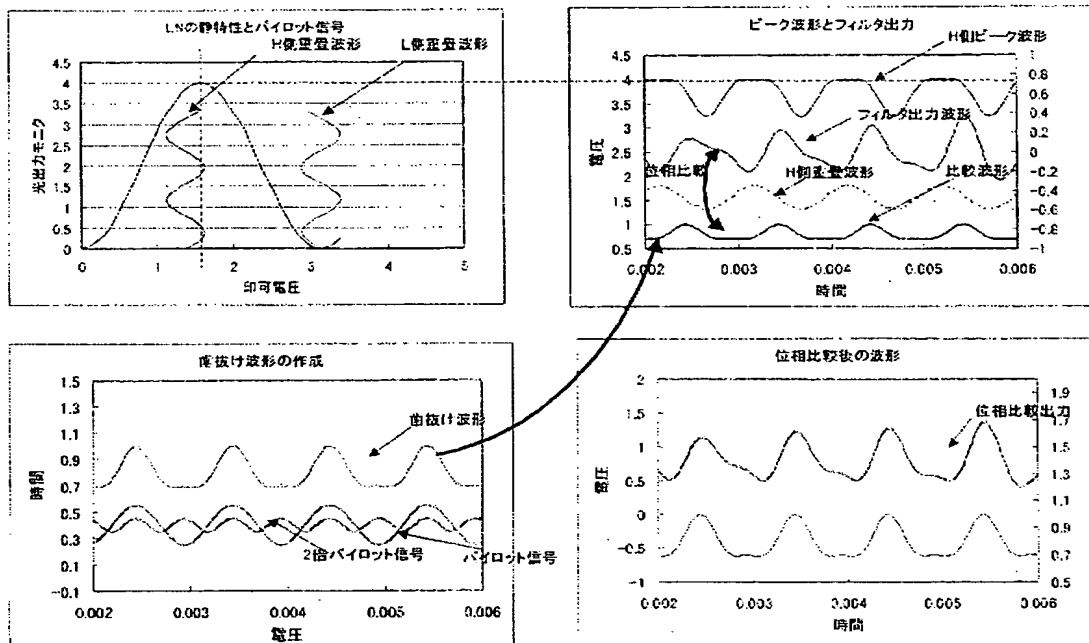
第2の原理に基づく動作において、  
各信号波形がどのようなになっているかを示す図(その2)





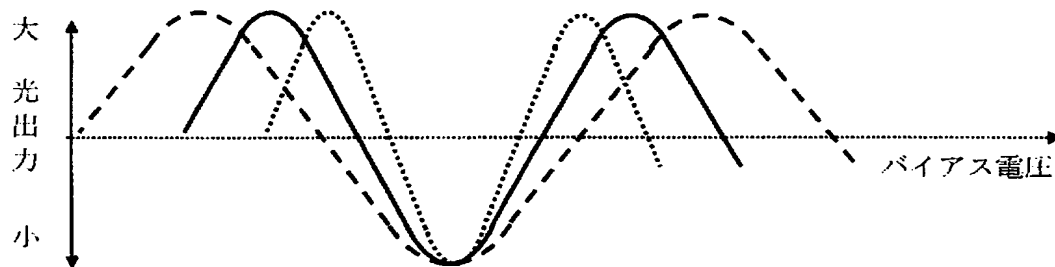
【図14】

第2の原理に基づく動作において、  
各信号波形がどのようなになっているかを示す図(その3)





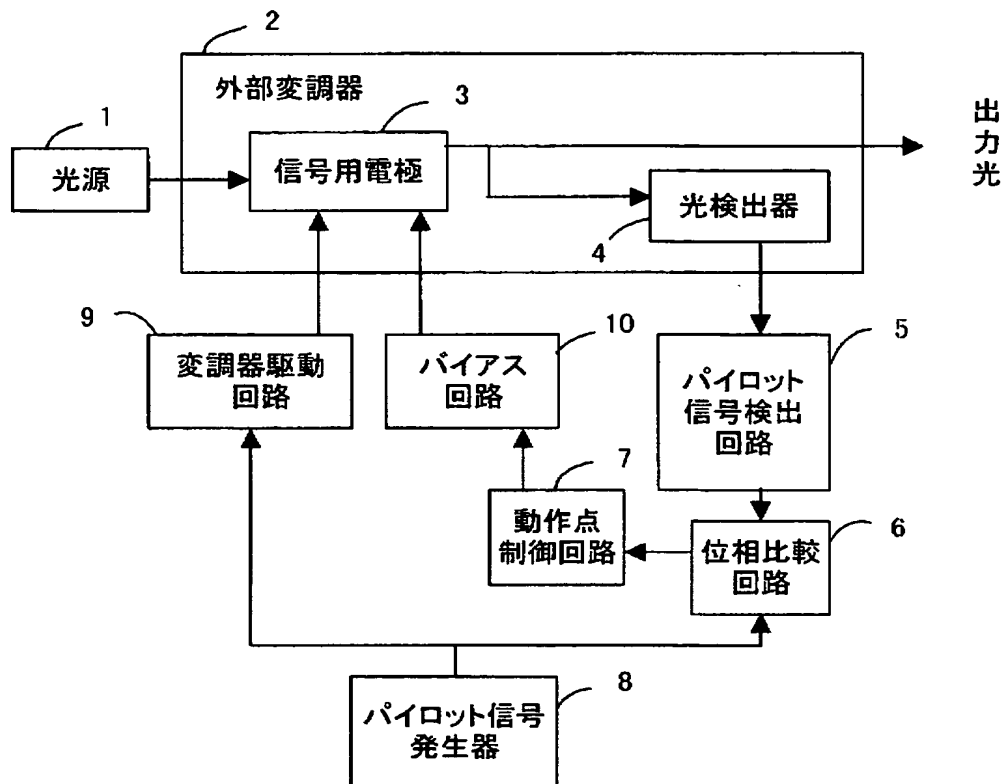
【図 15】

 $V_{\pi}$  特性の変化を模式的に示した図



【図 16】

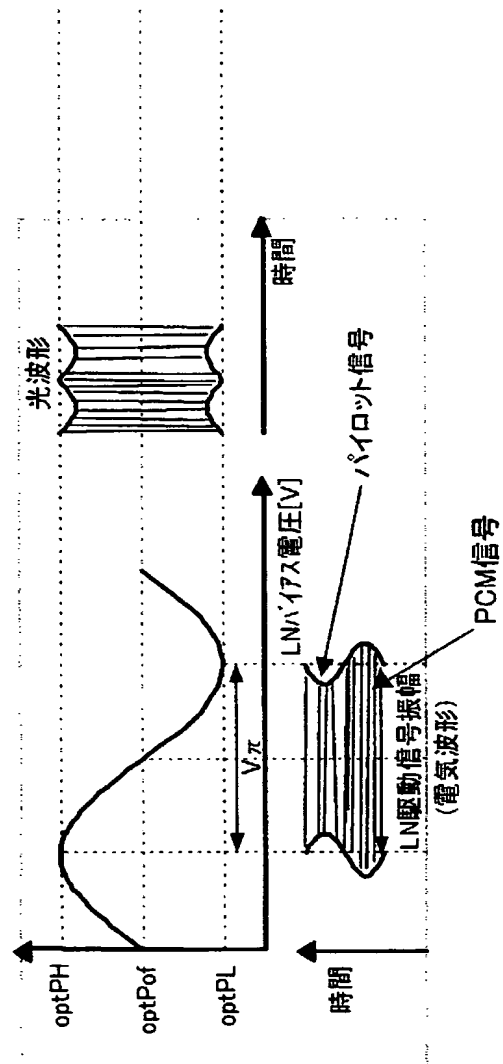
## 従来技術の説明図





【図 17】

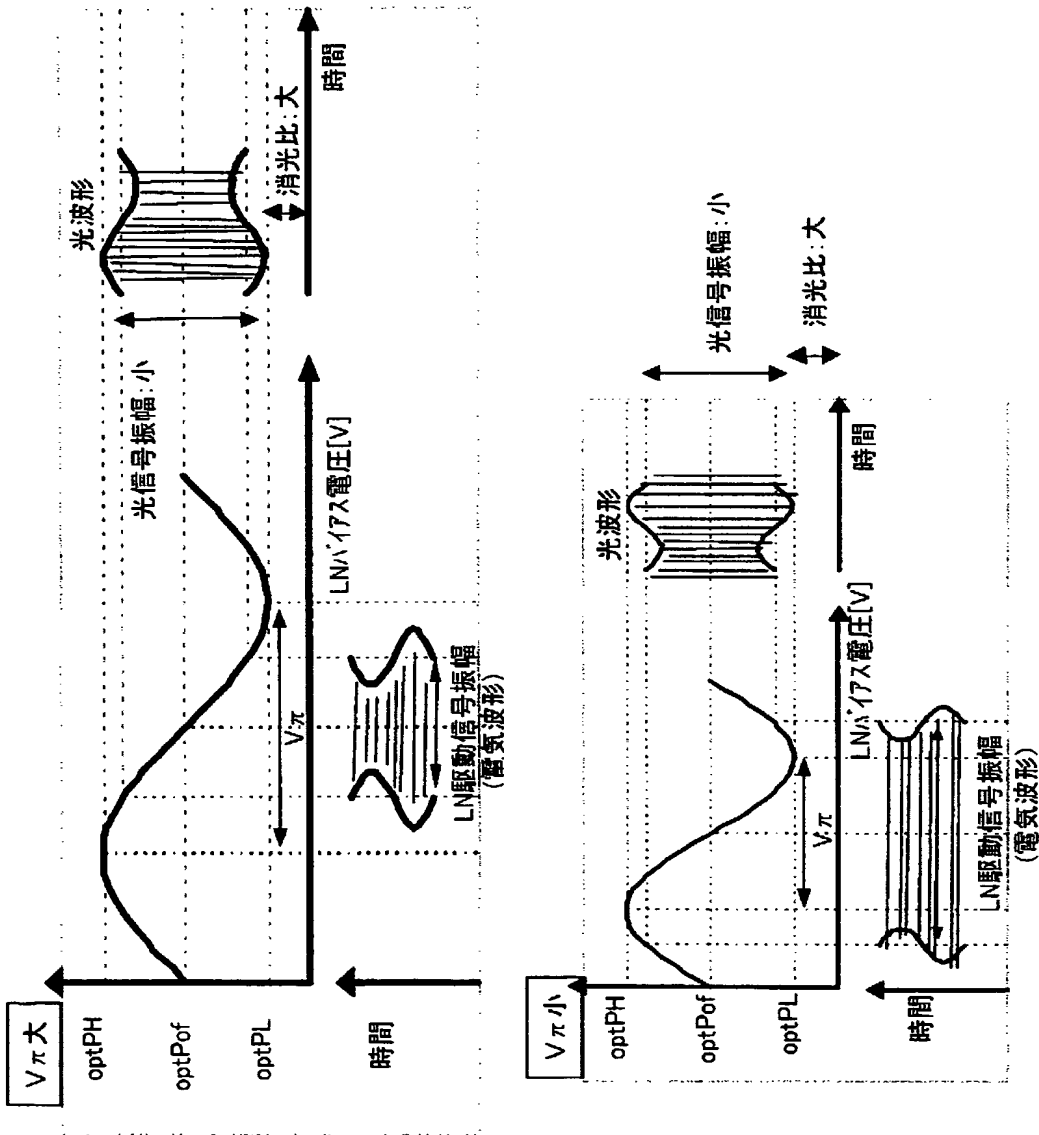
従来の技術の動作を示す図





【図 18】

従来の問題点を説明する図





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 外部変調器に入力される駆動信号のビットレートや光信号の波長が変化した結果バイアス特性が変化しても最適に光変調を行うことのできる光変調器を提供する。

【解決手段】 従来の動作点制御のためのパイロット信号の他に、周波数の異なる第2のパイロット信号を光信号に重畳する。そして、外部変調器の出力から第2のパイロット信号に対応する光信号の変調成分を検出し、第2のパイロット信号と位相比較を行い、振幅としてその結果を得る。外部変調器の駆動波形振幅が外部変調器の $V_{\pi}$ と一致している場合の上記位相比較結果の振幅を基準として、駆動波形振幅が $V_{\pi}$ と一致していない場合の位相比較結果の振幅を検出し、駆動波形の振幅を増減する。

【選択図】 図1



特願 2 0 0 3 - 0 3 5 7 2 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 6 年    3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住    所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏    名

富士通株式会社